

# Industrialisation et construction

par Christophe GOBIN  
Coordinateur Recherche et Développement  
GTM Construction

1.	Industrialisation comme utopie mécaniciste.....	C 3 055 - 3
1.1	Industrialisation « fermée » .....	— 3
1.2	Industrialisation « ouverte » .....	— 3
1.3	Échec d'une utopie .....	— 6
2.	Industrialisation comme instrumentalisation.....	— 6
2.1	Mouvement « qualité » .....	— 7
2.2	Informatisation et NTIC .....	— 8
2.3	Limites à l'efficacité .....	— 9
3.	Industrialisation comme mode organisationnel .....	— 10
3.1	Processus orienté « utilisateur final » .....	— 11
3.2	Point de vue de la « constructibilité » .....	— 12
3.3	Vision d'un travail partagé.....	— 14
4.	Conclusion .....	— 15
	Références bibliographiques .....	— 16

*Quand les hommes se trouvent dans une situation nouvelle, ils s'adaptent et changent. Mais aussi longtemps qu'ils espèrent que les choses pourront rester en l'état ou faire l'objet de compromis, ils n'écoutent pas volontiers les idées neuves.*

*« Ce qui nous arrête, c'est la peur du changement. Et pourtant, c'est du changement que dépend notre salut. »*

*« Nous n'avons que le choix entre les changements dans lesquels nous serons entraînés et ceux que nous aurons su vouloir accomplir. »*

*Jean MONNET*

*La question posée par l'industrialisation de la construction cristallise toutes les interrogations soulevées par nos concitoyens vis-à-vis de leur cadre de vie. En effet, si le caractère urbain de nos sociétés semble irréductible, les insatisfactions sont nombreuses et font pour le moins débat.*

*L'objet de ce dossier est d'organiser l'exposé des différents points de vue de manière à rendre plus cohérent une discussion qui doit aboutir à proposer des recommandations d'action tout en évitant des échanges foisonnants et démobilisateurs.*

*Notre environnement bâti fait question mais c'est aussi la raison d'être du premier secteur industriel français qui est celui du BTP. Il est donc indispensable de confronter à la fois les attentes des utilisateurs et celles des professionnels de la construction. C'est la raison même du titre de ce dossier. La construction est un enjeu majeur de la société civile mais elle constitue par ailleurs une activité productive dont il est nécessaire de réfléchir aux finalités et aux contributions à une dynamique collective.*

*La perspective retenue est moins celle de l'urbanisme que celle de l'efficacité d'une filière industrielle.*

— En quoi les acteurs du bâti peuvent-ils apporter des réponses dont la valeur d'usage s'accroît tout en minimisant les impacts générés par cette activité ?

— Quelles sont les pistes de progrès envisageables compte tenu des retours d'expérience sur une cinquantaine d'années, c'est-à-dire depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale ?

— Comment engager une dynamique de changement au sein d'une filière qui a une longue tradition et qui cultive des pratiques volontairement spécifiques ?

La tâche est d'autant plus d'actualité que la conjoncture économique actuelle n'est pas favorable à la mobilisation importante de ressources. Le manque de capacité de financement pour les infrastructures collectives est flagrant.

Or le bâti et les réseaux de communication sont par essence des biens collectifs et sont aussi très consommateurs de fonds publics, ne serait-ce que pour l'ensemble des équipements urbains, culturels et environnementaux. Il est alors assez logique que des interrogations apparaissent sur un meilleur emploi des ressources par la filière construction.

Le sujet n'est pas encore abordé de manière directe sur la réduction des coûts techniques. Par contre dans l'esprit du public, les métiers font facilement l'objet de brocards tant sur la qualité des prestations que sur les dérives de délais, voire de budget.

Et c'est d'ailleurs en cela que l'idée d'industrialisation devient d'actualité. Les reproches faits à un secteur économique important se focalisent sur son caractère vernaculaire par opposition à l'industrie qui est sensée être plus structurée, plus organisée, plus méthodique et par là plus efficace.

Il serait possible d'ajouter que pour beaucoup de concitoyens la productivité industrielle a permis d'accéder à un plus grand nombre de biens de consommation alors que leur cadre de vie est de plus en plus inaccessible. Ce sentiment résulte bien sûr de ce que le prix du foncier échappe aux professionnels de la construction mais au final le droit au logement ne se généralise pas.

Du point de vue des professionnels de la Construction, les raisons ne manquent pas non plus de s'interroger sur leurs métiers. Le vieillissement de la main-d'œuvre productive, les nouvelles exigences thermiques, le caractère dangereux des chantiers sont autant de nouveaux paramètres à prendre en compte pour faire face au marché. Toutefois, il est assez surprenant de voir comment l'idée d'industrialisation est reçue par le « monde de la construction ». Pour la majorité des acteurs du secteur, ce vocable est associé au terme de taylorisme. Et alors vient une dénégation : celle du risque d'uniformité dû à la répétitivité mais aussi celle de l'appauvrissement des tâches qui perdraient de leur autonomie sinon de leur compétence.

Ce biais est très intéressant à noter car il traduit un état d'esprit caractéristique de l'ensemble des professionnels (qu'ils soient en amont ou en aval de la filière) à savoir le souci de préserver un périmètre d'intervention qui leur soit propre. Cette fierté de l'indépendance s'accompagne mécaniquement d'une défense des intérêts individuels au détriment d'une mutualisation des efforts. C'est certainement dans ce pli comportemental que réside l'origine d'une très forte inertie collective qui ne facilite pas une réponse adéquate aux problématiques du jour.

En outre, la question de l'industrialisation reste un sujet récurrent depuis plusieurs décennies. Plusieurs écoles de pensée se sont déployées avec des succès très temporaires. Il n'est donc pas sans intérêt de rappeler ces tentatives et de chercher à en tirer un retour d'expérience pour faciliter l'émergence d'une nouvelle réponse.

Les deux premières parties de ce travail retracent deux temps forts qui correspondent à l'effort de reconstruction d'après-guerre et à l'exploration plus récente de nouvelles voies d'industrialisation comme les démarches qualité et l'informatisation. La troisième partie est une proposition qui tente d'organiser les enseignements dans une vision autre de l'industrialisation.

# 1. Industrialisation comme utopie mécaniciste

Historiquement, la construction a abordé l'industrialisation dès l'après-guerre face aux besoins énormes de reconstruction. L'urgence des demandes conduisait à privilégier la dimension technique puisqu'il s'agissait de produire plus et plus vite.

Cette recherche de productivité après des essais divers a abouti au succès de la **préfabrication béton de masse**. Les procédés courants sont alors des systèmes propriétaires, c'est-à-dire des marques. Les tenants de l'époque se reconnaissent sous le vocable d'industrialisation fermée en ce sens qu'ils répondent avec une solution prédéfinie et difficilement modifiable pour l'habitat.

Toutefois face à cette prédominance d'un matériau, les industriels de la construction (construction métallique, vitrage, aluminium) ont cherché à développer une industrialisation dite ouverte car elle se présentait comme l'assemblage non directif de composants de diverses origines. Différentes tentatives ont pu être menées avec un certain succès sur des créneaux moins résidentiels comme les locaux d'enseignement.

Ces deux déclinaisons d'une approche technicienne vont pourtant se heurter à des obstacles de nature contrastée qui auront raison d'elles. Et il semble indispensable de revenir sur les causes de cet échec moins par l'analyse de la conjoncture d'alors que par celle inhérente aux spécificités du mode de raisonnement qui avaient présidé à toutes ces démarches.

## 1.1 Industrialisation « fermée »

Son point de départ est l'après-guerre. La reconstruction concerne essentiellement le **résidentiel** quand le terme d'industrialisation est utilisé. En fait, les besoins dus à la reconstitution d'un parc locatif se doublaient également d'une absence de construction préalable entre les deux guerres.

L'urgence était dans le nombre d'unités à produire qui ira en s'amplifiant avec l'exode rural accompagnant une réorganisation du secteur productif.

Les solutions mises en œuvre pour faire face à ce défi sont très variées. Pour en rendre compte, il est nécessaire d'opérer une classification qui n'a été visible qu'*a posteriori* car sur le moment les capacités productives à mobiliser étaient telles que toutes les solutions ont été essayées sans restriction particulière.

Deux partis constructifs ont donc été développés de façon concourante sur la base privilégiée d'un matériau à savoir le **béton**. Les raisons en sont multiples mais s'expliquent surtout par une articulation étroite entre les cimentiers et le transport ferroviaire.

L'une a privilégié des **éléments préfabriqués venant se fixer sur une ossature métallique** (système ESTIOT, système SELF LIFT...) l'autre a préféré la **préfabrication de panneaux assemblés sur site par des chaînages périphériques** (systèmes CAMUS, COIGNET...). Progressivement, c'est la seconde voie qui a pris l'avantage et puis définitivement après l'accident du boulevard Lefebvre qui a stoppé net le recours à des ossatures mixtes.

L'accident du boulevard Lefebvre concernait un immeuble parisien qui s'est effondré du fait d'un défaut de contreventement.

Tout le développement des banlieues des grandes villes françaises a été réalisé selon l'approche **préfabrication lourde** par panneaux. A tort sans doute, il n'a été retenu de leur architecture que le terme de « chemin de grue ». Les prestations offertes étaient pourtant très supérieures à celles du logement traditionnel des classes populaires en particulier les conditions sanitaires étaient nettement améliorées (salles d'eau, séchoir, celliers...).

Au plan constructif, une observation doit être notée. Peu à peu, la préfabrication a été délaissée au profit d'une industrialisation des outils coffrants. Plutôt que de procéder à une préfabrication souvent foraine il a été préféré un **coulage sur place à l'aide de coffrages « tunnels »**. Progressivement, l'organisation des équipes de production sur chantier a prévalu sur le levage et le clavetage pièce, il est vrai assez lourdes.

Ce transfert dès la fin des années 1960 du coulage sur table en usine au coulage sur site à l'aide de banches correspond également à l'afflux d'une main-d'œuvre abondante et peu onéreuse. Le phénomène a été tel que certaines autorités ont considéré que la construction avait un rôle d'assimilation de populations immigrées.

Comme la taille des opérations était toujours très élevée (plusieurs centaines d'unités à la fois), certains préfabricateurs ont cherché dans un souci de plus grande productivité à produire non plus des panneaux mais des **cellules entières en usine**. Le raisonnement se basait sur une recherche d'intégration le plus en amont possible du chantier. Les procédés correspondants ont été moins nombreux et leur succès plus relatif (système SIGMA des Houillères). Néanmoins, quelques sites ont pu être transformés en **chaîne de montage** sur le principe des lignes de production automobile.

**Exemple :** ainsi le **procédé VAREL** produisait des cellules entièrement équipées (électricité, plomberie, finition des revêtements) à partir d'un caisson précontraint et de deux portiques définissant un volume utile (9 m x 3 m x 3 m) important. Des collèges et des hôtels ont été construits avec ce procédé d'origine suisse et un transport par fer.

Cette filière dite du tridimensionnel a été abordée principalement dans les années 1970. Et elle a aussi donné lieu à une extrapolation intéressante : la **reconstitution des volumes par plaques jointives à sec** (système SES/Dumez). Ce procédé qui a été exporté avec un énorme succès au Moyen-Orient a donné lieu à une réalisation unique en France qui a été la production de la chaîne d'hôtels Formule 1 dans les années 1980. La combinaison d'une préfabrication par batterie mobile des panneaux et d'un assemblage à sec de ces derniers autorisait des délais de réalisation très réduits. Par ailleurs, une industrialisation des équipements permettrait la livraison clé en main en quelques semaines.

Toutefois, toutes ces solutions constructives ont périéclité à la suite de la diminution drastique de la taille des chantiers dans les années 1980 (dizaines d'unités soit une réduction dans le rapport 1 à 10). Le retour aux méthodes traditionnelles de la maçonnerie était inéluctable.

La typologie des procédés relevant de l'industrialisation « fermée » est donnée sur la figure 1.

L'illustration de la figure 2 résume à elle seule ce que représentait l'industrialisation « fermée » pour ses tenants :

- une production en série d'un habitat de qualité ;
- une exportation de la technologie vers l'étranger ;

Les faits n'ont pas démenti ces espoirs puisque la reconstruction a bien eu lieu en France et les procédés mis au point ont été exportés dans toute l'Europe y compris les républiques populaires de l'ancienne URSS.

## 1.2 Industrialisation « ouverte »

Cette industrialisation a été définie par ses partisans comme le contraire de l'industrialisation fermée c'est-à-dire un ensemble de procédés ne privilégiant plus le béton et moins autosuffisant. A l'époque, le débat portait sur l'industrialisation légère opposée à l'industrialisation lourde, sur l'industrialisation sèche plutôt que la voie humide. Avec le recul deux familles de propositions ont été envisagées avec des succès relatifs.

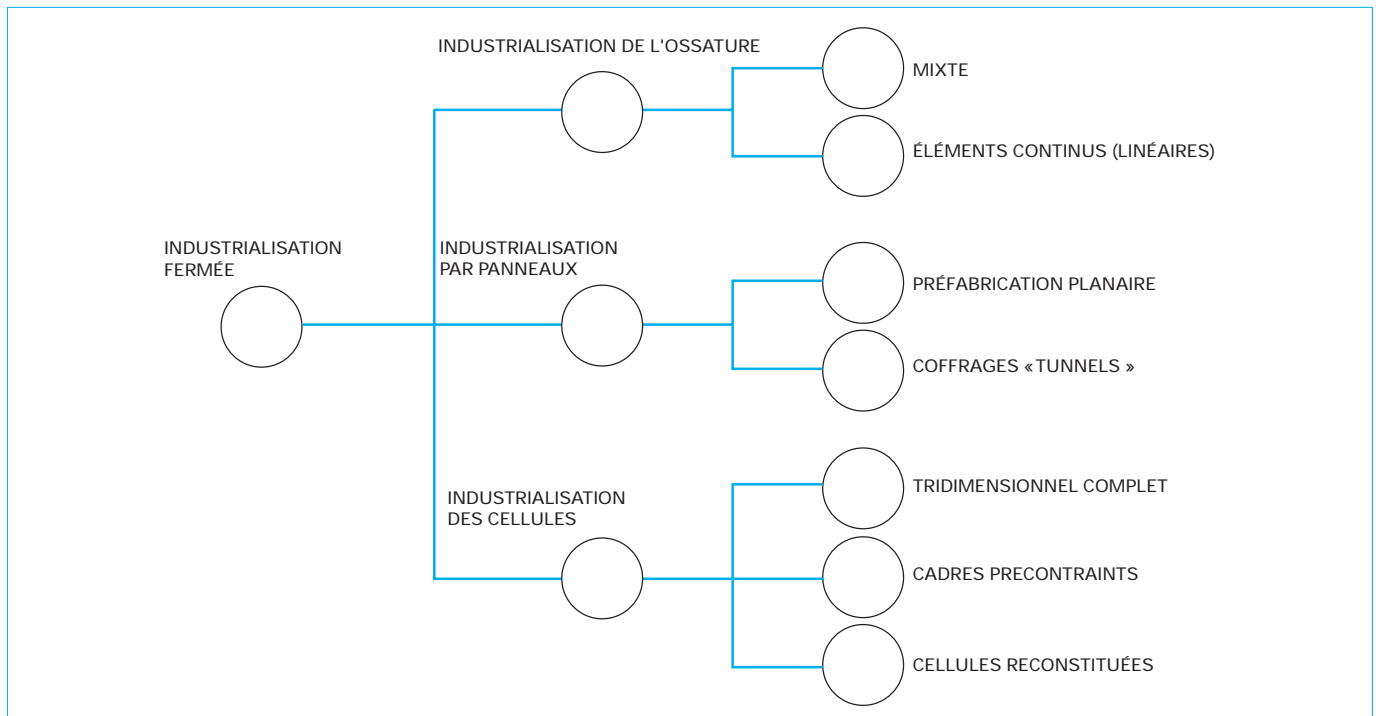


Figure 1 – Typologie des procédés relevant de l'industrialisation « fermée »

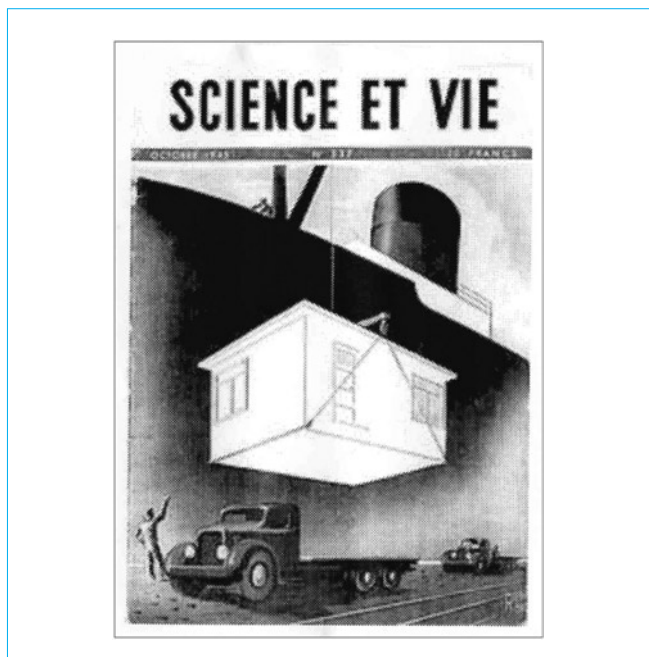


Figure 2 – Couverture de la revue Science et Vie (1950)

La première concerne des procédés dont les auteurs sont issus des rangs de l'industrie de la construction (aluminium, acier, verre plat...). En effet, même si dès la reconstruction de

certaines constructions provisoires ont été réalisées en acier (FILLIOD), ce n'est que dans les années 1960 que l'idée d'**associer les produits de plusieurs industriels** a fait son chemin. Cette démarche (GEAI) distinguait des plateaux libres clos par une enveloppe légère et divisés par des partitions amovibles (panneaux en bois extrudé). Plusieurs opérations ont été réalisées en province et ont été considérées comme un archétype de l'architecture moderne. Le nom de l'architecte associé à ces essais reste celui de Marcel LODS.

Mais les vraies applications ont été menées dans le **prolongement des procédés anglais (CLAPS)** pour les bâtiments scolaires. Les besoins de l'Éducation Nationale ne cessant de croître, une entreprise a mis au point une série de procédés très souples d'emploi (GEEP). Les opérations réalisées ont été très nombreuses jusqu'en 1965 où l'incendie du Lycée Pailleron a interrompu l'essor de la construction à base d'ossature métallique. Une tentative de sursaut a bien été engagée par SNCI dans le domaine universitaire mais elle a été rapidement contrainte à la cessation d'activité malgré l'avantage de délais de montage très réduits (Université de Vincennes livrée clé en main en deux mois).

Il est important de noter que toutes ces opérations se sont déroulées parallèlement à la généralisation des façades légères pour les bâtiments tertiaires à la suite des travaux de Jean PROUVÉ. Ce dernier tenta d'appliquer ses idées pour la production de logements entièrement métalliques (SIRH) mais sans succès réel.

#### Nota :

- **GEAI** : groupement d'industriels de la construction (SAINT-GOBAIN, USINOR, PÉCHINEY, ...) établi pour lancer une filière constructive à base de composants constituant une alternative au monde traditionnel de la construction en béton.

- **GEEP** : entreprise de construction créée pour fournir une réponse clé en main pour le marché des bâtiments fonctionnels (bureaux, écoles, ...) sur la base d'un système constructif métallique.

- **SIRH** : société constituée par Jean PROUVÉ pour proposer des logements entièrement repensés de façon à être réalisés à partir de produits plats en acier et à constituer une nouvelle filière de reconversion pour l'emploi en Lorraine.

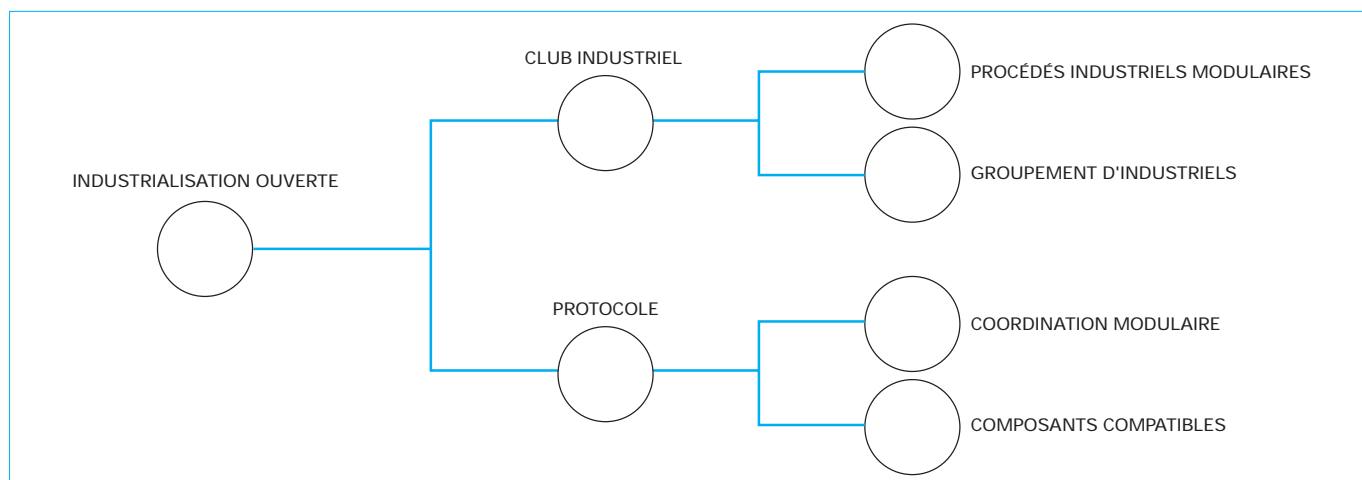


Figure 3 – Typologie des voies de l'industrialisation « ouverte »

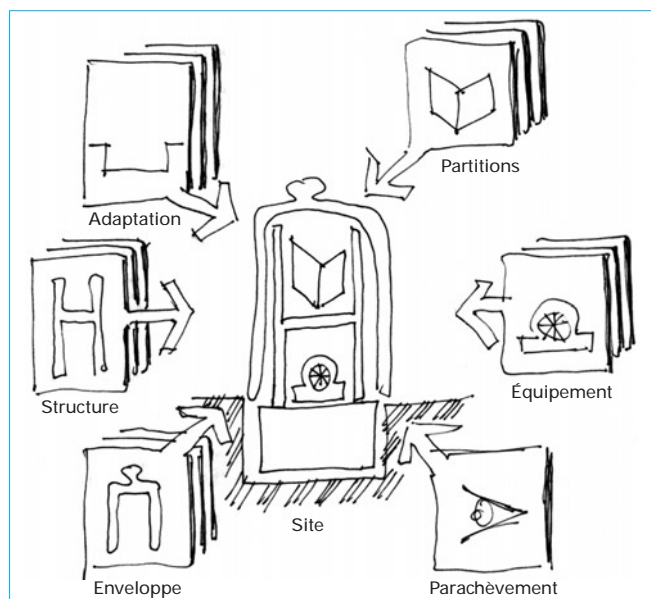


Figure 4 – Principe de l'industrialisation « ouverte »

Au-delà des réalisations, l'industrialisation ouverte s'est appuyée sur un débat approfondi autour de nouveaux principes de construction : comment bâtir à partir de composants d'origine différente alors que le béton malléable par nature peut prendre toutes les formes dessinées sans aucune limite.

Deux approches ont été travaillées en mêlant à la fois des considérations architecturales et des données constructives. Elles ont fait l'objet de nombreuses discussions et marquaient un dialogue encore possible entre architectes et ingénieurs. Cette confrontation a porté sur les règles de **coordination dimensionnelle** et sur la **compatibilité entre composants**.

■ La question de la **dimension** était au cœur de l'approche industrielle et ce pour deux raisons.

Produire en série des composants nécessite des installations qui privilégient le caractère linéaire des produits (train de laminage des tôles, extrudeuses...). Cela signifie que le calepinage des éléments n'est plus forcément libre dans les deux directions orthogonales

d'un plan. Pour positionner ces éléments tout en utilisant des côtés prédéterminés, il faut recourir à une **trame**. L'objet de la coordination modulaire a été de retenir en plan une trame croisée de 30 cm × 30 cm et une trame verticale au pas de 10 cm.

Au plan architectural, l'objectif était de dessiner des espaces sur un pas modulaire autorisant à la fois un gain de productivité (les composants industrialisés) et une liberté de forme (variation modulaire). Plusieurs théories ont été avancées : trame croisée uniforme, trame écossaise, décalage entre trame de structure et trame de second œuvre. La position des éléments sur cette trame pouvait être axée ou tangentielle. Ces approches ont d'ailleurs eu un écho important en Hollande avec le SAR (Eindhoven) [5].

■ La seconde question abordée au cours de longues controverses a été celle des **assemblages**.

Construire à partir de composants répétitifs suppose une architecture de joints qui appelle une pratique assez spécifique rencontrée plus souvent dans la tradition japonaise que dans la culture européenne qui privilégie la continuité des surfaces. Pour répondre à cette contrainte tant géométrique que physique (solution de continuité des performances), certains experts ont cherché à introduire l'idée de composants pouvant s'assembler de façon neutre. Ils ont alors décliné des règles relatives à la forme des joints permettant les emboîtements ou les recouvrements d'éléments de nature différente. Ces développements n'ont pas eu de suite véritablement opérationnelle.

La pratique du montage a également remis en exergue le problème des tolérances :

- (1) tolérances de fabrication différentes d'un composant à l'autre suivant le matériau ;
- (2) tolérances d'assemblages suivant les calépinages.

Néanmoins dès que l'impératif de la série a disparu, toutes ces réflexions constructives sont également tombées en désuétude.

La typologie des voies de l'industrialisation « ouverte » est donnée sur la figure 3.

Le principe de l'industrialisation dite « ouverte » (figure 4) consiste dans le libre assemblage de différents composants rendus compatibles grâce à des règles de coordination dimensionnelles acceptées par l'ensemble des industriels de la construction. La construction devient ainsi « un jeu de LEGO ».

Les quelques tentatives de sa mise en pratique ont montré l'énorme difficulté de s'accorder effectivement sur une mutualisation des règles constructives, que ce soit de la part des industriels ou des architectes.



### 1.3 Échec d'une utopie

Les deux approches techniciennes de l'industrialisation de la construction ont totalement disparu dans les années 1980. Une tentative pour prolonger les produits de la filière béton a été entreprise vers 1983 sous le vocable de marchés pluriannuels les « marchés cadres » sans succès manifeste.

Certes, des éléments purement conjoncturels ont précipité le retour à la construction traditionnelle (voir l'incendie du lycée Pailleron qui a ruiné l'industrialisation légère métallique). Mais il est indispensable de revenir sur les causes intrinsèques de la désaffection envers la rationalisation technique de la construction du cadre de vie. Trois raisons peuvent être avancées.

Historiquement, les deux déclinaisons de l'industrialisation correspondent à la prédominance de la culture technique. Les ingénieurs ont délibérément privilégié les modes constructifs dans un esprit de progrès auquel étaient attachées des vertus positives. Le vécu suburbain est venu contredire ce postulat sans doute moins en termes physiques qu'au plan sociologique.

Parallèlement, l'approche urbanistique a beaucoup évolué. Face à une demande certes encore conséquente mais moins concentrée les besoins se sont retrouvés non plus à l'extérieur des villes mais dans la ville elle-même. Peu à peu, les constructeurs ont dû faire face à la reconstruction de la ville sur elle-même. Il en a résulté la fin des séries.

Enfin, le caractère local de la construction est apparu comme une donnée fondamentale dans l'acte de construire. Et ce pour deux raisons principales. L'adaptation de chaque bâtiment au site est chaque fois différente compte tenu des spécificités de l'environnement. Par ailleurs, le bâti en lui-même demande un traitement approprié (intégration urbaine, matériaux spécifiques), ce dont se sont prévalus les architectes pour défendre une originalité remettant à plat chaque projet.

*A posteriori*, il est assez facile de comprendre que le retour au traditionnel était inéluctable à partir du moment où l'idée même de série était battue en brèche. Le diagramme de la figure 5 rend assez bien compte de cet enchaînement.

Ce faisant, il n'est pas question ici de justifier l'argument trop souvent avancé du caractère particulier de la construction qui l'empêcherait de se plier aux principes industriels.

En effet, si les séries n'existent pas, d'autres paramètres font que chaque projet unique n'en répond pas moins à des caractéristiques qui demeurent inchangées (surfaces utiles financées, normes techniques, normes sanitaires, modes de financement introduisant des normes de fait, labels...).

Ce qui a fait défaut, c'est une réelle flexibilité de l'appareil productif. Pour la filière béton, la préfabrication a de nos jours pratiquement disparu compte tenu du coût des moules. Pour la filière métallique, la compatibilité entre composants n'a jamais été obtenue du fait de la multitude d'éléments d'origine extérieure à celle des aciéristes.

Certains experts ont pourtant avancé que la construction était « une production d'objets à usage unique ». L'expression est très juste et reflète bien le contexte réel des pratiques. Cependant, la majorité des intervenants n'a retenu que le dernier vocable : celui de la spécificité qui a occulté la répétitivité de l'organisation du travail.

Les raisons profondes de ce hiatus tiennent semble-t-il à la culture du milieu qui privilégie avant tout l'initiative du responsable de chantier pour résoudre localement la somme des problèmes non résolus en amont.

La construction dite « traditionnelle » (banché coulé en place, façade parpaings) et qui reste une optimisation de la méthode vernaculaire, se caractérise par la résolution sur le tas et au fur et à mesure des difficultés rencontrées. Ce constat qui peut apparaître assez sévère se comprend beaucoup mieux en considérant la totalité de la chaîne de valeur d'une opération immobilière. Dans les

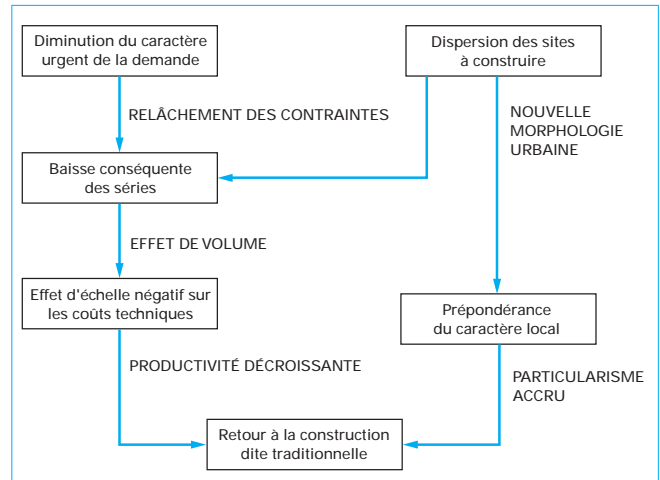


Figure 5 – Retour à la construction traditionnelle

faits, l'organisation traditionnelle du travail (qu'il soit de conception ou de production) consiste successivement pour chaque niveau de décision à externaliser les risques vers le niveau suivant car tout projet est considéré comme un cas particulier ne relevant pas d'une possible reconduction de solution.

Ce manque d'« anticipation assumée » puisqu'il repose uniquement sur les clauses juridiques d'un contrat sans chercher à raisonner les réponses à mettre en œuvre est, il est vrai, à l'antipode des principes industriels privilégiant une attitude pro-active et non plus réactive.

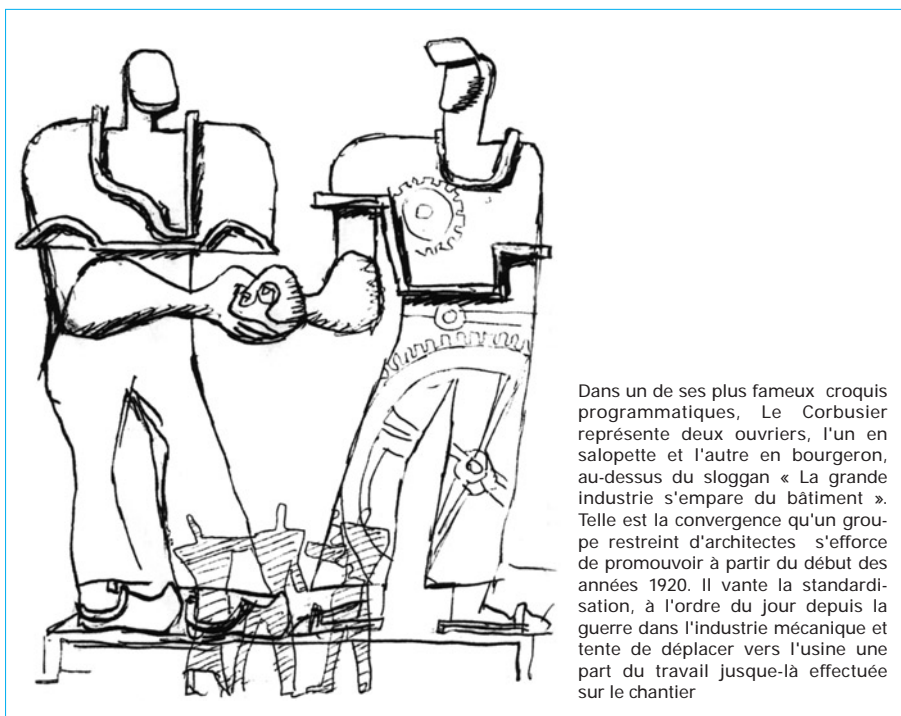
D'aucuns prétendent que c'est le prix à payer pour présenter une flexibilité face à la variabilité des situations du projet. L'objet de la discussion doit donc se déplacer vers la dimension procédurale.

Le dessin de Le Corbusier de la figure 6 témoigne bien du caractère utopiste qui sous-tendait l'industrialisation entendue comme une mécanisation de la construction. Les faits ont finalement contredit cet espoir malgré des réalisations remarquées dont certaines resteront au patrimoine urbain (Reconstruction du Havre pour la filière béton, opération de la Grand Mare à Rouen pour la filière acier).

## 2. Industrialisation comme instrumentalisation

La profession n'a pas été sans tirer quelques leçons de l'incapacité à maintenir une industrialisation strictement technicienne. À l'instar du monde industriel, le milieu s'est néanmoins ouvert à de nouveaux outils dits de progrès. Ceux-ci ont tous pour particularité d'être des instruments pour infléchir le cours de la production. C'est en cela que cette seconde phase de l'industrialisation peut être caractérisée comme relevant de l'instrumentalisation de la dimension procédurale.

La première démarche s'inscrit dans le mouvement qualité. Cette mise en route a été très progressive puisqu'il a fallu calibrer les outils dits industriels à l'activité foraine de la construction. Mais après une période d'apprentissage, l'évolution a été conjointe entre le BTP et l'industrie vers la gestion des processus.



Dans un de ses plus fameux croquis programmatiques, Le Corbusier représente deux ouvriers, l'un en salopette et l'autre en bourgeois, au-dessus du slogan « La grande industrie s'empare du bâtiment ». Telle est la convergence qu'un groupe restreint d'architectes s'efforce de promouvoir à partir du début des années 1920. Il vante la standardisation, à l'ordre du jour depuis la guerre dans l'industrie mécanique et tente de déplacer vers l'usine une part du travail jusque-là effectuée sur le chantier

Figure 6 – Dessin de Le Corbusier

Parallèlement, le transfert des acquis informatiques a été entrepris avec un succès certainement plus restreint. L'évolution des nouvelles technologies de l'information et de la communication permet désormais de disposer de solutions plus adaptées à la dispersion des chantiers mais la configuration idéale n'est pas encore acquise.

En fait, le temps passant, il apparaît que tous ces efforts malgré une mobilisation importante ne portent pas leurs fruits. Cela conduit à s'interroger sur l'adéquation de ces démarches avec l'organisation globale de la filière.

## 2.1 Mouvement « qualité »

La construction a rejoint le mouvement qualité déployé dans l'industrie par le biais initial des travaux de génie civil nucléaire. Ce n'est que très progressivement que le secteur du bâtiment s'est familiarisé avec cette démarche.

La philosophie retenue est celle du slogan : formaliser ce que l'on va faire et faire ce que l'on a écrit. Il s'agit donc d'un effort de rigueur pour transcrire sur un mode moins oral les pratiques habituelles.

Cette particularité doit être notée. La qualité n'est pas celle du produit final en tant que telle mais bien la meilleure mise en œuvre sur le chantier. Et ce sont plutôt les entreprises de construction qui ont initié le mouvement. Les métiers de la conception ne se sont inscrits dans cette mouvance qu'avec une dizaine d'années de retard.

Par ailleurs, l'apprentissage des outils qualité a fait l'objet de très nombreuses variantes sous couvert de la spécificité de la construction. La reconnaissance par les professionnels d'un usage possible de l'ISO 9000 n'a été acquise qu'au bout de deux décennies d'essais de solutions plus ou moins dégradées.

En ce début du 21<sup>e</sup> siècle, le réflexe d'une certification par un tiers des pratiques professionnelles est courant dans le mana-

gement des différents intervenants de la construction. Ce résultat est assez remarquable compte tenu des modalités de sélection des offres qui en France ne retiennent pas comme discriminant cet avantage.

Néanmoins, de nombreuses interrogations persistent quant à l'état des bâtiments livrés. Les données réunies pour les assureurs montrent plutôt une dégradation des prestations et une augmentation du nombre de contentieux. Peut-être faut-il rapprocher ce constat de la façon très particulière dont a été abordée la qualité par les acteurs de la construction puisqu'ils ont surtout privilégié le formalisme.

Cependant, l'intégration de la gestion qualité dans les pratiques a au moins un mérite qui est celui de soulever peu à peu le problème des responsabilités réelles vis-à-vis de l'objet fini sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

L'approche est relativement récente et résulte de la modification de l'ISO 9000 qui dans sa version 2000 [8] a introduit la notion de processus. Cette nouvelle étape a repoussé le risque de routine qui aurait pu s'introduire si l'on s'était arrêté à une simple formalisation. L'évolution n'est pas issue du monde de la construction. Elle correspond à une modification de la gestion qualité dans l'industrie qui a été de fait appliquée par la construction après très peu de décalage.

L'analyse des processus met l'accent sur les relations entre intervenants et suppose que toutes les parties prenantes soient prises en compte d'amont vers l'aval. D'un point de vue global, un consensus émerge sur la création des **coûts de non-qualité (CNQ)** et peut être résumé par le graphe de la figure 7. Il faut rappeler que les CNQ rassemblent toutes les dépenses couvrant des activités inutiles pour l'utilisateur final mais incluses dans le prix de vente : reprises de tâches (d'étude ou de production), attentes (administratives ou sur site), traitement des déchets, malfaçons...

Au-delà du poids des CNQ (évalué à 30 % de la somme des coûts techniques), l'enseignement essentiel de cette mise en perspective

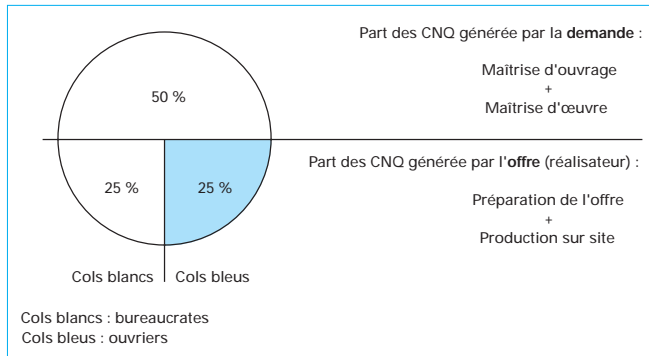


Figure 7 – Origine des coûts de non qualité (CNQ)

est de montrer l'importance du travail intellectuel qui est à l'origine de 75 % des causes de dysfonctionnement.

Ces considérations ne doivent pourtant pas faire illusion.

Si les CNQ sont approchés, ce n'est qu'au titre de l'ensemble de la filière. Par contre, ils ne le sont que très rarement au sein de chaque activité professionnelle. Contrairement au monde industriel, la mesure n'est pas une pratique usuelle. Ce comportement découle sans doute d'une culture qui privilégie l'autonomie plus que le retour d'expérience. Dans ces conditions, le déploiement d'une démarche qualité reste relatif puisqu'il n'est basé sur aucun objectif quantifié. Pourtant, le principe au cœur de la gestion qualité est celui d'une dynamique de progrès basée sur un point de référence (roue de DEMING).

En fait, les intervenants de la construction ont surtout privilégié la dimension « **certification** », c'est-à-dire la preuve d'un effort soutenu de rigueur dans l'organisation. Cette reconnaissance délivrée par des organismes accrédités après audit est en effet un signe distinctif qui doit être renouvelé tous les trois ans. L'aspect procédural qui est ainsi mis en avant est parfois mal compris par les équipes opérationnelles qui n'ont pas véritablement intégré la finalité d'une démarche qualité et n'en mesurent donc plus la nécessité.

Le risque est encore plus accentué avec l'approche processus. L'objectif industriel de ce nouvel angle d'analyse du fonctionnement d'une organisation est de dégager les processus essentiels puis de les améliorer, voire de les remettre en cause. Les acteurs de la construction se cantonnent à définir des processus sans chercher à les remettre en cause considérant que les routines de métier traduisent l'acquisition d'un savoir-faire éprouvé.

En ce sens, le mouvement qualité semble être au plan méthodologique en fin de cycle et ne laisse entrevoir aucun nouveau gain de productivité.

L'illustration de la figure 8 (année 1985) qui traite avec un certain humour de la démarche qualité n'est pas sans intérêt. Elle prend pour référence les constructeurs égyptiens et signifie ainsi que cette activité est concernée à part entière. Pourtant, elle indique également mais implicitement, que les professionnels du secteur considèrent l'évolution souhaitée par les experts de la qualité comme assez incertaine puisqu'elle en appelle aux comportements individuels. Qui, de son propre chef, accepterait de se faire violence ?

## 2.2 Informatisation et NTIC

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

Le recours à l'informatique n'est pas récent en construction puisque dans les années 1970 plusieurs architectes s'essayaient à



Figure 8 – Démarche qualité

l'allocation spatiale des espaces sur ordinateur. En fait, l'utilisation de l'informatique ne s'est véritablement déployée que depuis une quinzaine d'années dans le tissu professionnel.

Cet essor a pris deux formes grâce surtout à l'apparition des ordinateurs personnels. La première est celle du travail de bureau facilitant les **tâches de gestion**. La seconde est liée à la **possibilité de mise en réseau** et l'usage de serveur intranet. C'est donc la conjugaison de l'informatique et des technologies de communication qui permet cette informatisation progressive.

Il est néanmoins indispensable de rappeler les modes de développement. L'usage de l'informatique progresse souvent par l'élaboration d'applications personnalisées et autonomes au sens qu'elles ne sont utilisables que par leurs auteurs. Ce sont généralement des tableurs de traitement de données spécifiques ajustés à des contextes particuliers. Ce phénomène résulte en grande partie de l'enseignement reçu par les jeunes professionnels.

La seconde observation à noter est celle de la finalité des applicatifs. La plupart concernent des démarches d'organisation : suivi de production, balance financière, nomenclature, traçabilité. Il est très rare que les développements soient centrés sur la consistance technique des opérations, c'est-à-dire sur l'acquisition de performance. Les outils de simulation permettant d'anticiper le comportement d'un bâtiment sont encore exceptionnels et les logiciels de calcul technique restent unidimensionnels (acoustique, lumineux, thermique, ou résistance des matériaux). En fait, trop souvent, ils sont utilisés pour vérifier la conformité des ouvrages et non pour rechercher des configurations optimisées.

Cette inclinaison résulte bien sûr de la spécialisation en corps de métier qui incite à juxtaposer les vérifications plutôt que de mutualiser les efforts pour obtenir une véritable synthèse.

L'émergence des NTIC a cependant l'avantage d'avoir engagé une réflexion qui est toujours en cours sur un concept à la fois pratique et théorique : celui d'**objet**.

Une construction est en effet le résultat de l'assemblage de composants physiques. Et chacun d'entre eux contribue à la constitution de performances globales. Utiliser l'informatique nécessite de pouvoir reconstituer ce cheminement depuis la perfor-



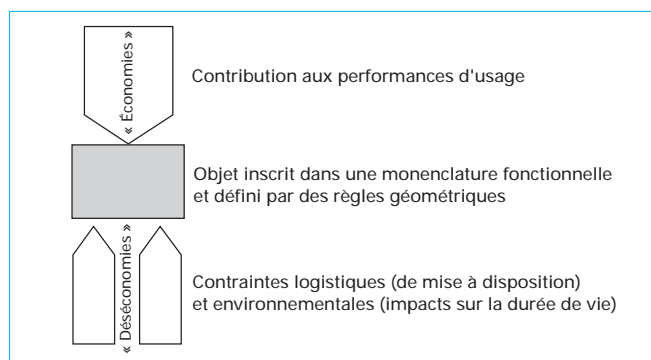


Figure 9 – Attributs de tout objet

mance unitaire et locale vers la recombinaison progressive d'une performance composée.

L'idée est d'associer la réalité physique à un « objet » qui est porteur de capacités contributives aux performances qui sont dénommées attributs. Construire peut dès lors se définir comme la somme des règles associant des objets et leurs performances/attributs pour garantir au final une performance d'usage.

Ce paradigme peut être illustré par la figure 9.

Cette approche constitue un pas important vers l'usage de l'informatique dans l'aide au choix. La standardisation est désormais acquise quant au transfert informatique des objets et de leurs attributs. Par contre, les règles de recombinaison des performances sont encore loin d'avoir été établies et ce point fait apparaître un nouvel écueil.

Si l'infrastructure de communication est en mesure de se déployer, la définition du message n'est toujours pas commune à tous les utilisateurs.

La construction relève en effet de **très nombreux corps de métier** qui ne comprennent pas tous le même langage. Les performances manipulées ne le sont pas toutes au même niveau. Il est donc indispensable que se développe une normalisation sur la définition des attributs. Mais cette normalisation ne porte plus sur l'instrument de transfert. Elle porte sur le contenu et ne peut aboutir que par un dialogue des disciplines scientifiques (thermique, acoustique, géométrie, économie) et des pratiques de métier.

Au-delà de cet handicap sur la communication métier, un second obstacle doit être pris en compte. C'est celui de la **fragmentation des applicatifs**. Ils sont si nombreux que l'interopérabilité n'est pas un mode habituel. À vrai dire, il s'agit là d'un cercle vicieux puisque les normes de communication ne sont pas disponibles et qu'aucun effort n'est engagé dans ce sens maintenant un état de fait.

En fait, le BTP est vis-à-vis des moyens informatiques dans une position paradoxale. C'est le premier secteur économique mais la dispersion et la diversité des entités intervenantes font qu'aucun effet de volume ne peut aboutir. L'ensemble des fournisseurs informatique a cru pouvoir s'adresser à ce marché spécifique alors qu'il n'existe pas en tant que tel.

Cette situation est assez significative de la difficulté inhérente du secteur qui rend vaines toutes les tentatives d'intégration et de fait les économies d'échelle.

Les diagrammes des figures 10 et 11 traduisent l'illusion entretenue par l'irruption des NTIC dans la sphère du BTP. Au niveau d'un projet, une concrétisation est certes accessible. La difficulté vis-à-vis d'une généralisation tient au nombre des chantiers qui ne reconduisent pas les mêmes intervenants et qui impliquent ainsi autant de reconfigurations, voire d'investissement dont aucun acteur ne peut supporter la charge.

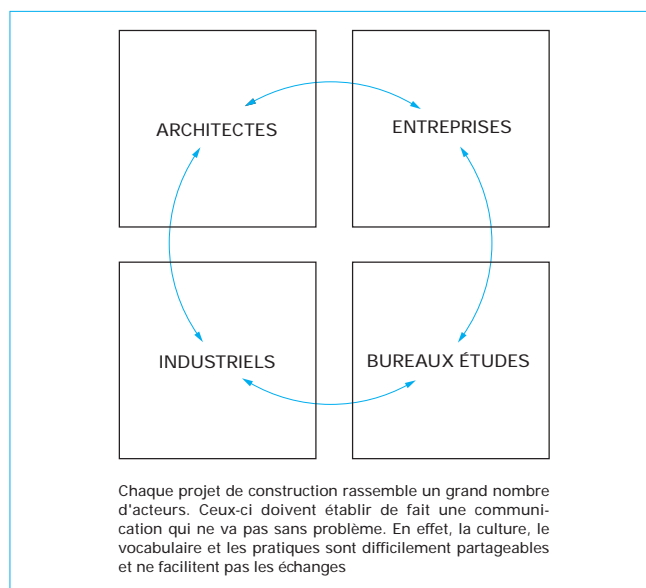


Figure 10 – Acteurs d'un projet de construction

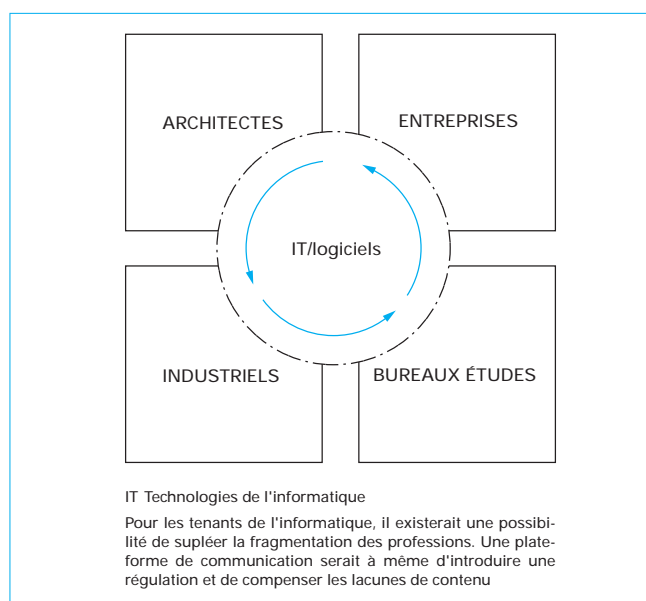


Figure 11 – Plate-forme de communication

## 2.3 Limites à l'efficacité

Les différentes tentatives pour introduire de nouveaux outils qui seraient porteurs de progrès sont riches d'enseignements. Et les deux catégories observées (gestion de la qualité et informatique) corroborent les résultats obtenus dans d'autres champs d'action comme la sécurité au travail. Toutes ces démarches convergent vers la mise en lumière de trois ressorts spécifiques à la construction et qui expliquent les freins à toute industrialisation conventionnelle, c'est-à-dire décalquée du monde industriel.

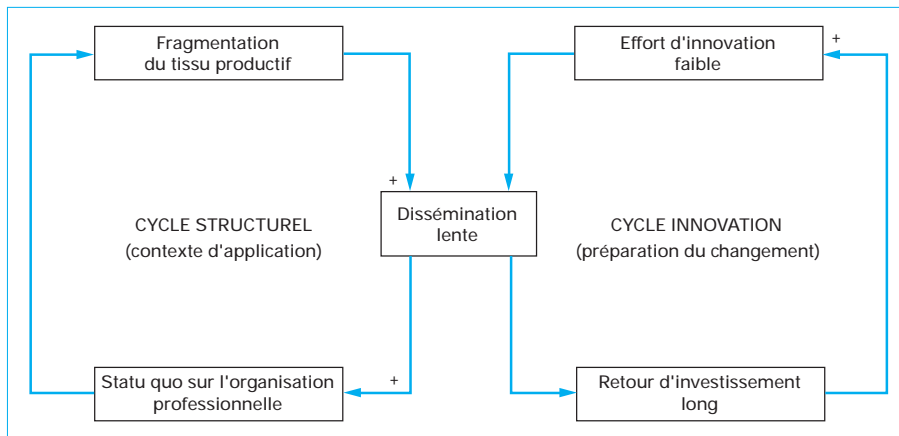


Figure 12 – Paupérissement collectif

Il est tout d'abord assez frappant d'observer la **dissociation entre l'industrialisation et l'expression des attentes des utilisateurs finaux**. Tous les efforts consentis se sont cristallisés sur l'élaboration d'une offre physique : le bien immobilier. Cela est vrai dans l'approche technique qui privilégie la filière de production. Mais cela l'est tout autant pour l'informatique et la qualité. Les outils proposés ne sont pas finalisés et sont abordés en tant que tels. Ils sont donc instrumentalisés. Cette césure entre la définition d'un cahier des charges et l'élaboration d'une offre apparaît alors comme caractéristique d'un secteur qui n'est pas orienté utilisateur.

Des raisons expliquent cette discontinuité. L'utilisateur final n'est pas une partie prenante des projets. Il n'intervient qu'en fin de parcours pour prendre livraison d'un objet sur lequel il n'a aucune emprise si ce n'est de s'en contenter. En outre, le bâti n'est pas seulement un objet matériel mais il entretient avec les utilisateurs un rapport très particulier qui est le vécu. Et cette relation de l'ordre de l'immatériel modifie profondément les termes de références d'une relation plus traditionnelle client-fournisseur.

Cette solution de continuité dans la chaîne de valeur de l'objet construit doit être surmontée pour tirer avantage du potentiel porté par une vraie industrialisation.

La seconde particularité a trait au **procédé de construction**. Contrairement à la plupart des produits relevant d'une production industrielle, le produit bâti est fixe et inscrit dans un environnement physique local. Même s'il était possible de fabriquer le bâti hors du site, son positionnement et les branchements sur l'ensemble des réseaux relèveraient de travaux d'adaptation au cas par cas. Il est donc irréaliste de vouloir s'affranchir des travaux sur site. Cependant, la construction *in situ* relève d'un modèle régional. Elle peut être définie comme la réalisation d'un objet qui modifie à tout instant les conditions de production. Cette complexité pourrait être formulée comme celle d'une usine travaillant sur elle-même.

Introduire une industrialisation passe alors par une vision nouvelle des procédés de production qui n'est plus celle d'une industrialisation physique mais plutôt la rationalisation des tâches de production. Comment produire avec plus de préparation, en opérant les choix par confrontation et évaluation de différents possibles tout en travaillant dans de meilleures conditions de pénibilité et d'intérêt.

Cette industrialisation des méthodes de réalisation passe forcément par l'emploi raisonné de l'informatique qui est seule en mesure d'offrir une capacité à renseigner les alternatives. L'objectif est d'assumer les anticipations ou plus familièrement d'agir en toute connaissance de cause.

La dernière caractéristique réside dans la **définition socio-professionnelle de la filière construction**. La construction est le regroupement d'un nombre considérable d'entreprises de taille, de compétence et de nature totalement contrastées. Ce foisonnement pourrait être une richesse s'il était en capacité d'enrichir l'offre. En réalité, il s'agit d'une fragmentation reproduisant la variété des corps de métier constituée comme force de travail.

Cet éparpillement des compétences et cette variabilité dans la taille des intervenants constituent un frein aux efforts d'intégration palliatifs et ce à deux niveaux : la diffusion de nouvelle technologie est très longue et se chiffre en dizaine d'années, la mutualisation des moyens est structurellement impossible.

Le mécanisme peut être figuré comme sur la figure 12.

Le paupérissement peut être défini comme la diminution de la richesse collective par un nivellement par le bas.

L'unique solution pour inverser cet enchaînement cumulatif de cycles est l'intégration organisationnelle conduisant à des regroupements de compétences complémentaires et à une mutualisation de fait des moyens autorisant alors une vraie économie d'échelle tant sur les outils que sur les méthodes.

La modélisation de la figure 13 est une première étape pour traiter sur un mode générique de la spécificité de l'unité de production que constitue le chantier.

Elle est établie sur la base des conventions IDEFo qui explicitent pour chaque activité les éléments d'entrée, les résultats obtenus en sortie, les contraintes à prendre en compte (venant du haut) et les ressources mobilisables (venant du bas).

Un tel modèle permet de développer progressivement une analyse détaillée de chaque processus en constituant un cadre cohérent pour chaîner différents applicatifs de réalisation.

### 3. Industrialisation comme mode organisationnel

Les deux voies de l'industrialisation de la construction qui viennent d'être retracées (§ 1.1 et § 1.2) ne manquent pas d'intérêt. Elles ont apporté à chacune de leur époque des réponses spécifiques. Il est néanmoins nécessaire de savoir si les effets à long terme ont été significatifs.

L'industrialisation « mécaniste » a permis une reconstruction effective mais elle a dû laisser la place à des modes plus traditionnels. L'industrialisation par le biais d'une simple instru-

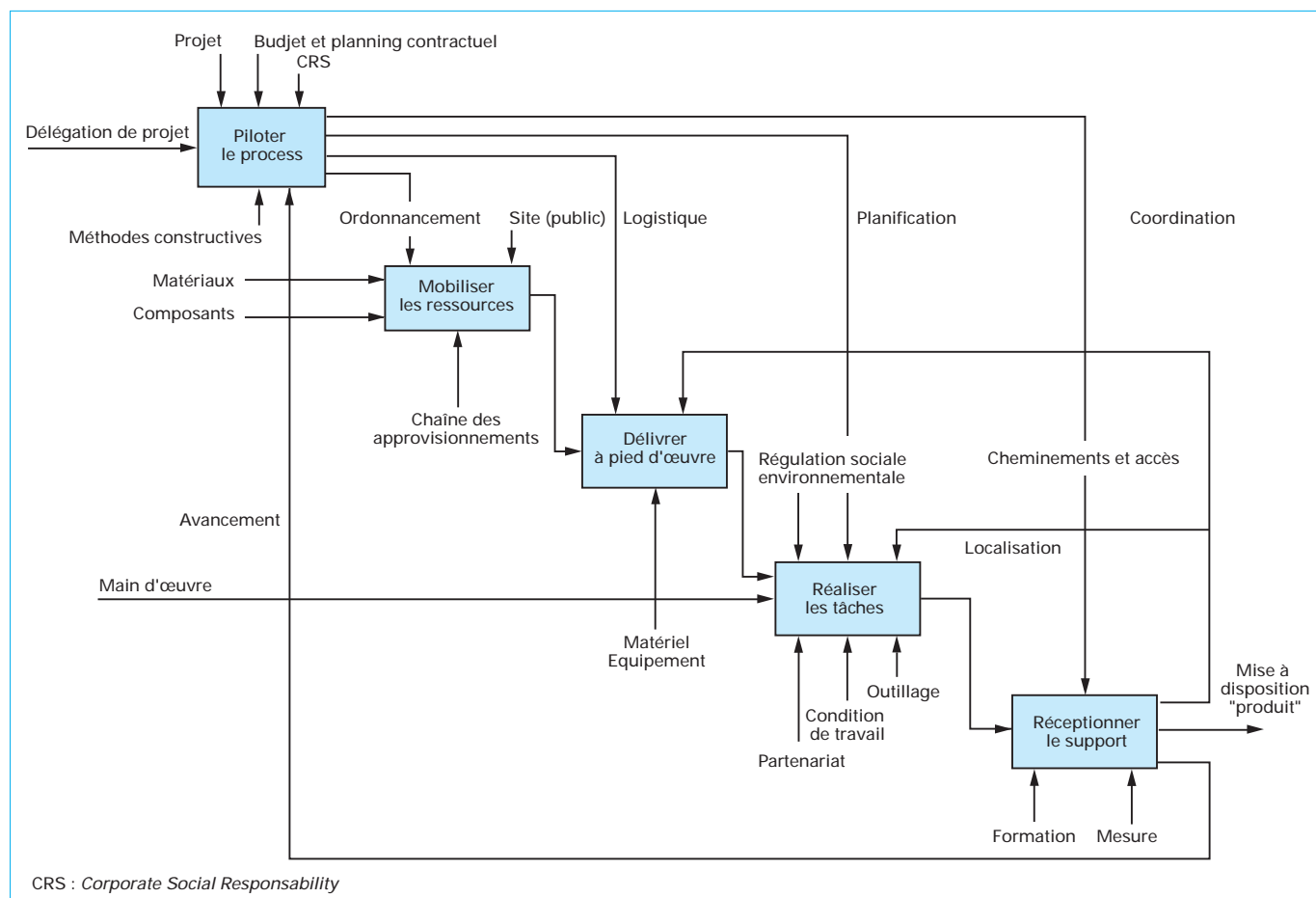


Figure 13 – Modélisation d'une unité de production

mentation ne paraît pas avoir sensiblement modifié la nature des pratiques.

Est-ce à dire que toute tentative de modification des modes productifs soit vouée à l'échec ?

En fait, chacune des deux solutions détermine les limites de l'exercice. La fabrication du bâti en atelier et son montage local à l'instar de la construction automobile demeure une utopie pour un marché sans contrainte étrangère. La recherche d'une productivité par quelques palliatifs est inopérant sur le long terme. Il reste pourtant une solution médiane inexplorée qui est celle du *reengineering*.

Par **reengineering**, il faut entendre la recherche d'une vraie rationalisation des modes de production sur site. Avec les capacités de l'informatique industrielle, il est possible de mettre en place une organisation plus structurée de la gestion immobilière autorisant des gains de productivité sur des séries très courtes. L'objet est l'industrialisation des méthodes de travail, c'est-à-dire la mise en œuvre de procédures génériques maîtrisées applicables à chaque contexte particulier.

Trois principes sont préalables à cette démarche. Ils sont relatifs à l'inscription de la filière au service de l'utilisateur final, à la reconnaissance de la constructibilité et à l'instauration d'une vision du travail partagé.

### 3.1 Processus orienté « utilisateur final »

Mettre l'utilisateur au centre de la filière construction n'est pas uniquement une idée théorique. Elle correspond à une volonté de changement qui se veut avant tout pragmatique.

Il s'agit d'abord de donner un sens identique à toutes les interventions. À l'heure actuelle chaque professionnel intervient dans le cadre de la logique de son métier avec l'ambition de maximiser son avantage. À aucun moment, l'intérêt de l'utilisateur final n'est véritablement en jeu. Ce manque de finalité est préjudiciable car il enferme chacun dans un horizon restreint et conduit à une reconduction des routines. L'expérience de l'industrie est instructive. C'est en s'ouvrant sur l'utilisateur que la construction automobile a su se restructurer pour faire face à une crise concurrentielle étrangère dans les années 1980. Ce changement d'attitude peut être illustré par le slogan « le client ne mérite pas nos produits, nous devons mériter nos clients ».

Ce principe offre également la possibilité de créer un **langage commun**. En ne considérant plus la technologie comme une fin en soi mais bien comme un moyen au service de l'utilisateur alors il est envisageable d'instaurer une vraie communication/concertation des acteurs pour la construction collective d'une réelle réponse aux attentes de la demande finale. Cette observation n'est pas incantatoire car les méthodes de travail pour y parvenir existent. Ce sont toutes les approches répondant à l'« analyse fonctionnelle », c'est-à-dire à l'élaboration d'un cahier des charges

exprimant en termes de résultats les attentes et autorisant de fait une mesure de conformité à la livraison. Cet outillage autorise la couverture complète du cycle de production.

L'approche fonctionnelle est par ailleurs d'actualité car elle s'inscrit complètement dans le cadre des préoccupations de développement durable. Elle est à la fois générique et se fixe un horizon de temps raisonné. Le caractère générique résulte de ce que l'analyse fonctionnelle fournit un cadre qui structure les informations de manière identique d'une construction à l'autre sans entamer la particularité de chaque contexte. En effet, toute construction répond des mêmes fonctions mais se caractérise par un niveau d'attente différent sur chacune d'elles. La liste de ces fonctions est la suivante.

Fournir les espaces pour mener des activités	1	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager de disposer d'espaces nécessaires pour accomplir les différentes actions qui sont menées soit à l'intérieur du groupe familial, soit avec des personnes extérieures
Protéger les biens et outils ainsi que le groupe humain	2	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager de préserver (mais aussi d'utiliser) ses biens et outils malgré les diverses agressions climatiques, d'environnement ou actions volontaires des autres personnes
Mettre à disposition les biens et outils	3	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager d'utiliser les outils nécessités par ses activités et de profiter de ses biens
Fournir une ambiance	4	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager d'adapter l'ambiance intérieure en fonction de l'ambiance extérieure
Maîtriser les relations	5	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager de filtrer, d'empêcher ou de favoriser ses contacts avec les autres personnes de l'extérieur et avec les éléments naturels de son environnement
Protéger le site	6	C'est le service rendu par le bâti qui permet à l'usager de vivre dans un site sans lui porter atteinte
Fonction sémiologique	7	C'est la qualité du vécu de l'usager dans le bâti. C'est donc ce qui fait la différence entre une somme aride de composants techniques et l'appropriation du bâti

Cette structuration autorise également l'inscription du bâti dans la durée. Prendre en compte l'usage suppose de dépasser la notion de performance instantanée pour tenir compte de la durée de vie de l'ouvrage. L'introduction de l'exploitation dans le raisonnement constructif induit une vision globale et non plus fractionnée du bâti. Elle permet en outre de s'affranchir d'un réflexe trop courant qui est de s'en remettre aux codes de calcul et aux règles administratives pour garantir la tenue du cadre bâti. Avec l'obsolescence économique, il est en effet nécessaire de peser la variable temps dans les processus d'investissement.

L'approche fonctionnelle n'est pas uniquement orientée vers l'utilisation finale. Elle introduit aussi une valorisation des acteurs mobilisés pour apporter une réponse à un cahier des charges d'usage.

Tous les outils de l'analyse fonctionnelle sont en effet construits selon un principe figuré par le schéma de la figure 14.

L'objectif n'est plus de définir une construction par ses composants mais de la définir comme la somme des attentes des parties prenantes de son environnement. Ce faisant, il n'y a aucune entrave à l'innovation puisque les moyens de réponse ne sont pas imposés.

Cette démarche ne signifie pas pour autant que le MOA (maître d'ouvrage) soit dans l'incertitude. Au contraire, son rôle primordial est conforté par l'écriture d'un programme beaucoup plus détaillé

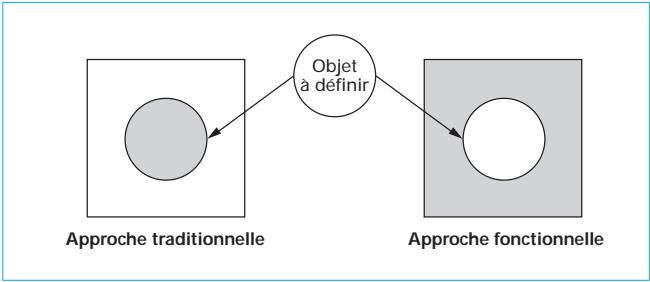


Figure 14 – Comment spécifier un objet

et plus raisonné quant aux possibles vis-à-vis du budget qu'il compte mobiliser pour faire aboutir son projet.

Il y a dans ce nouveau protocole d'action une responsabilité accrue des intervenants. Le demandeur doit mieux préciser les résultats attendus, le fournisseur est plus libre de sa réponse et tous les deux peuvent calibrer leurs apports grâce à une référence constante à l'usage qui sera fait de l'objet qu'ils sont en train d'élaborer.

L'articulation de toutes les interventions autour de la prise en compte des attentes de l'utilisateur final (figure 15) ne relève pas d'un effet démagogique. L'objectif est de finaliser l'action de chacun des acteurs professionnels en lui rappelant qu'il tire un avantage compétitif s'il se met au service de l'utilisateur car il peut développer une vraie synergie collective et conjuguer des comportements proactifs (jeu gagnant-gagnant). En outre, l'utilisateur final peut vérifier la conformité au cahier des charges initial de l'ensemble des performances de l'ouvrage en œuvre.

### 3.2 Point de vue de la « constructibilité »

Si l'analyse fonctionnelle autorise une meilleure maîtrise de la spécification (raisonner les attentes), il n'en reste pas moins nécessaire de mettre en œuvre les choix et de concrétiser les solutions en réponse aux bonnes questions. Il ne s'agit pas tant de traiter de la technologie pour elle-même que de sa robustesse en termes de garantie de résultat. Cette nouvelle approche de la technique de construction peut être qualifiée de « constructibilité ».

Par définition, la **constructibilité** est l'art de rendre possible la construction d'un ouvrage. Il s'agit donc avant tout d'une capacité à anticiper les difficultés de réalisation.

Toutefois, cela peut s'entendre de deux manières.

Celle qui vient immédiatement à l'esprit est la **préparation de chantier**. Il s'agit alors d'organiser les modes de production pour minimiser les risques tant techniques que de sécurité. L'objectif est de simuler le déroulement du chantier et de lever pas à pas les points difficiles, que ce soit en termes de délai ou de ressources. Cette capacité suppose une bonne expérience et une certaine organisation dans le retour d'information sur les chantiers antérieurs. Néanmoins, ce savoir-faire se définit comme une « anticipation réactive », c'est-à-dire comme la recherche de la meilleure solution à un problème imposé.

Pourtant la constructibilité dans son plein sens consiste à éviter la création du problème selon le **principe de prévention**. Pour y parvenir, il est indispensable d'opérer dès la mise en forme du projet architectural et de raisonner le parti constructif afin de mini-

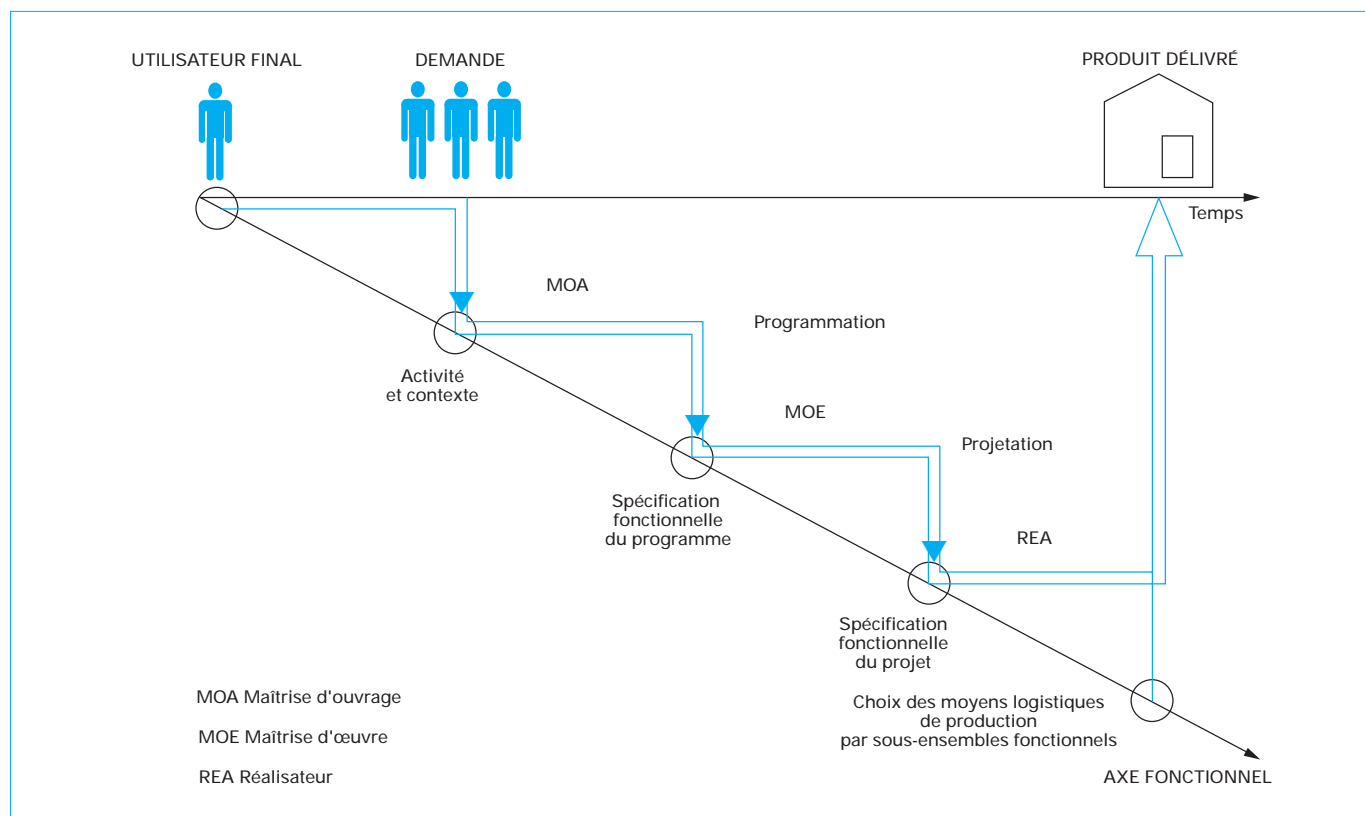


Figure 15 – Mise en perspective

miser les difficultés du mode de construction. Cette « anticipation proactive » relève d'un **travail de conception** à part entière. Elle pose bien sûr la question de l'enseignement des Écoles d'Architecture qui ne privilégie pas, voire minimise ce dialogue entre forme et construction. L'idée n'est pas de subordonner l'architecture au mode constructif mais plutôt d'optimiser les choix en toute connaissance de cause.

En fait, ces deux approches sont nécessairement complémentaires. Dans le projet architectural les principales difficultés de réalisation doivent être appréhendées, la préparation du chantier parachève ce travail en tenant compte des dernières particularités du contexte local.

La constructibilité ne résout pas les questions posées au cas par cas ; elle constitue un corpus théorique qui est au cœur d'une véritable industrialisation. Le concept qui est constitutif de ce savoir est celui d'**interface technique**.

Contrairement à l'utopie mécaniciste, cette notion n'est pas réductible au seul assemblage. C'est plutôt la capacité à définir ou créer un assemblage et ce suivant différents paramètres. En fait, chaque contexte de projet appelle une solution particulière. La constructibilité doit permettre de retenir la décomposition en éléments les plus appropriés pour répondre au fonctionnement de l'ouvrage et autoriser sa mise en œuvre et son inscription sur site.

Cette reconnaissance de la prédominance du lieu sur l'objet est ce qui rend caduque toute idée de fabriquer en usine la totalité de l'ouvrage, de le lever et de le poser sur place.

La gestion des interfaces n'est pas uniquement une question de découpage d'une construction ; c'est aussi la capacité à raisonner les principes constructifs facilitant la décomposition en éléments.

Une interface est la matérialisation d'une géométrie et d'un choix technologique et en cela, il se place bien en amont du chantier.

Au plan technique, la difficulté inhérente aux interfaces tient dans la relation entre les performances de chaque partie et la performance globale du système reconstitué. L'interface introduit une solution de continuité à la fois physique et temporelle qui doit être évaluée et qui devrait être prise en compte dans un choix rigoureux du parti constructif. Cette approche analytique des performances est relativement récente et suppose une capitalisation d'informations qui n'en est encore qu'à ses débuts (méthodes des facteurs tenant compte au-delà de la performance nominale des conditions de mise en œuvre et d'entretien).

La réalisation des interfaces sur site introduit également un nouveau champ de préoccupation mais qui est d'ordre organisationnel.

Suivant l'expertise et le soin apportés à l'exécution de cette tâche, le comportement de l'assemblage ne sera pas le même au cours du cycle de vie de la construction. Il est donc important de réfléchir sur l'organisation des équipes de chantier. Faut-il préférer la spécialisation et considérer l'interface comme une prestation particulière ? Vaut-il mieux déléguer l'assemblage au responsable de la tâche aval ? Ce sont autant de scénarios possibles qui ont chacun des avantages et des inconvénients.

La constructibilité est alors une combinatoire entre des principes constructifs et le niveau de compétence induit par la décomposition en éléments reproductibles.

Pour illustrer cette démarche, il est possible d'utiliser la figure 16 limitée à la seule continuité dimensionnelle.



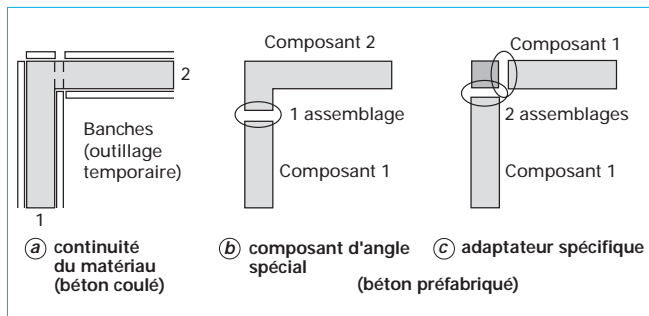


Figure 16 - Constructibilité d'un angle de façade

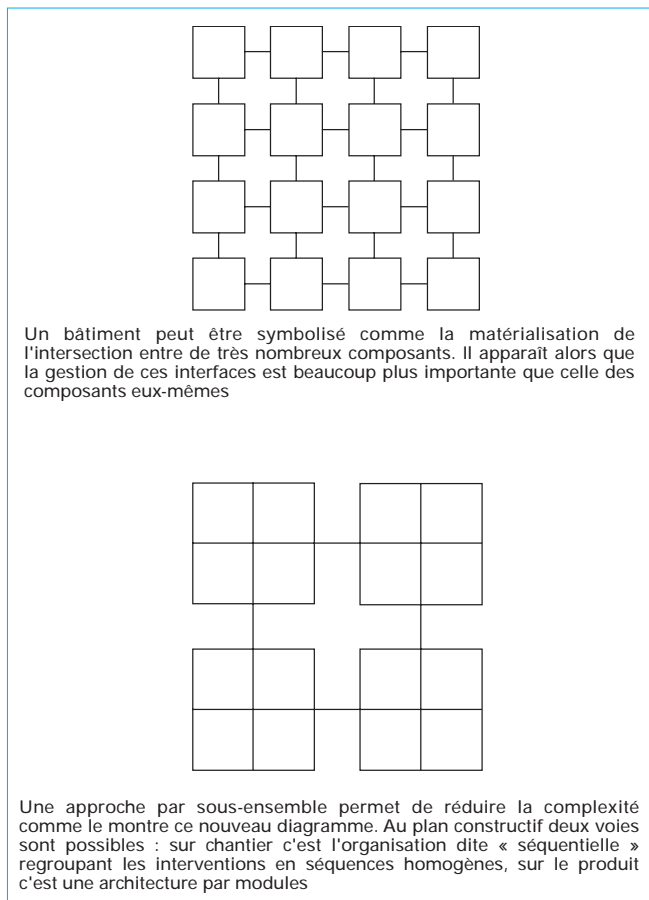


Figure 17 - Symbolisation d'un bâtiment

En recollement des différents aspects de performance, l'industrialisation de cette démarche passe obligatoirement par la mise en place d'une méthode d'analyse multicritère de risque fonctionnelle (recherche des défaillances d'une fonction technique).

La constructibilité doit s'entendre comme la prise en compte des conditions de mise en œuvre lors des choix de l'organisation dans l'espace des activités dont la construction est le support (figure 17). Elle se déploie dès l'intervention du concepteur sur la base du programme.

### 3.3 Vision d'un travail partagé

L'industrialisation de la construction suppose aussi que les intervenants de l'acte de construire aient une autre vision de leur métier. Actuellement, chacun assume une mission certes en relation avec d'autres mais dans un esprit d'autonomie propre et de tâche à remplir circonstanciée par un contrat.

En fait, la construction « réfléchie » suppose un véritable dialogue qui permette non pas la reconduction d'une solution coutumière mais bel et bien l'acquisition de la solution la plus appropriée au contexte particulier d'un projet.

Ce raisonnement sur le choix des mises en œuvre ne peut se déployer qu'avec l'emploi d'un langage commun proposé par l'analyse fonctionnelle. Il suppose en outre que chacun contribue à l'œuvre collective en apportant une vraie valeur ajoutée, c'est-à-dire en apportant une réponse renseignée et justifiée.

Cette articulation peut se symboliser par le graphe de la figure 18.

Une telle « organisation » des comportements qui est avant tout le déploiement d'une représentation partagée des finalités collectives passe par une culture différente qui n'est plus celle du projet (comment réaliser un objectif) mais celle du service (comment satisfaire l'utilisateur final).

Au-delà du comportement des professionnels dans leur coopération, il semble nécessaire de repenser la relation contractuelle entre professionnels exprimant la demande et professionnels apportant une offre.

Face aux différentes exigences qui apparaissent avec la perspective d'un développement durable, l'unicité d'une responsabilité de la réponse semble incontournable. Toutefois, l'objectif n'est pas de rationaliser la pratique de l'entreprise générale. Il est nécessaire d'aller beaucoup plus loin et différemment comme le montre le diagramme de la figure 19.

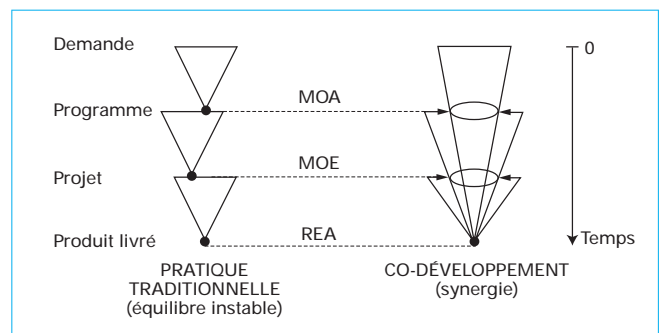


Figure 18 - Pratique traditionnelle et co-développement

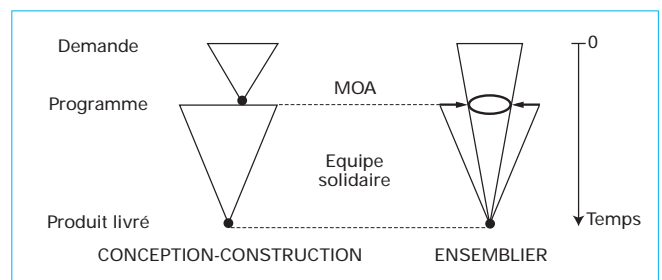


Figure 19 - Conception-construction et ensemblier

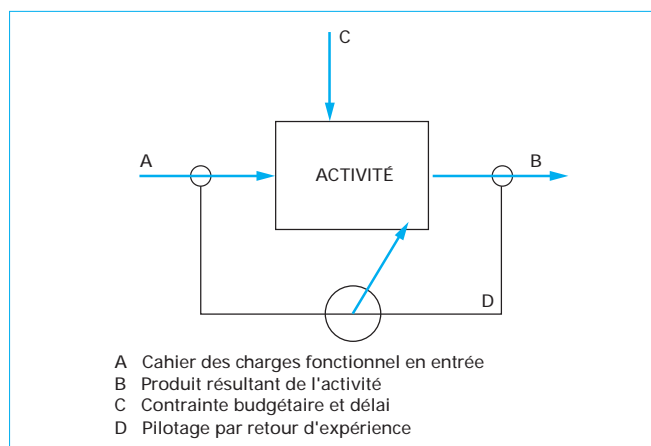


Figure 20 – Modélisation d'une activité maîtrisée

La relation contractuelle doit se construire autour d'un programme fonctionnel établi par le MOA et un groupement (l'**ensemblier**) s'engageant pour une réponse maîtrisée sur l'ensemble du cycle de vie du « produit ». En effet, les choix de solutions ne seront totalement assumés que s'ils s'opèrent sur l'ensemble de leurs impacts, c'est-à-dire y compris leurs conséquences sur l'exploitation du bâti. Cette organisation qui ne préjuge pas de la forme juridique de l'ensemblier ne signifie pas obligatoirement une concentration capitaliste mais nécessite au sein du groupement un fonctionnement du type « entreprise- réseau » (un *leader* et un réseau de partenaires).

La troisième étape qui puisse permettre une industrialisation *de facto* réside dans le traitement de l'expérience. Actuellement, les professionnels opèrent chacun pour soi un retour d'expérience mais celui-ci ne permet pas d'en mutualiser les effets. En particulier, il n'existe aucune métrique autorisant une analyse critique et constructive des projets.

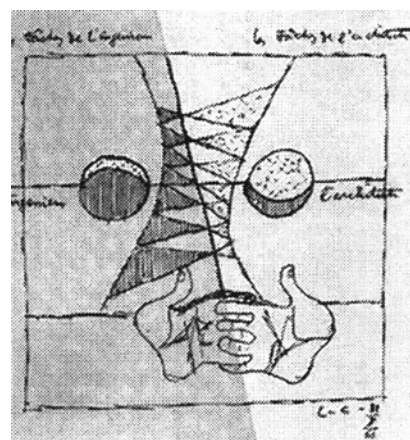
Pour remédier à cet état, chacun des professionnels doit exercer un droit de responsabilité en suscitant les occasions d'une innovation collective. Ce mécanisme peut être expliqué par le schéma de la figure 20.

Une véritable mise sous contrôle du processus de construction passe par la capacité de chaque acteur de recourir à une critique créative pour compenser des écarts éventuels quant à la qualité des cahiers des charges initiaux (complétude, cohérence...) et à celle du résultat fourni (efficacité, délais...). Cette idée de compensation est par ailleurs la seule garantie d'une liberté d'initiative, encore faut-il la rendre effective en cultivant une capacité d'enrichissement des pratiques et une ouverture vers les autres en partageant l'échange d'expérience.

La notion de travail partagé (figure 21) est trop souvent assimilée par les professionnels de la construction à un vœu pieu sans réalité concrète possible. Cette analyse devient caduque si l'on se réfère à l'expérience industrielle. La pratique d'un jeu gagnant-gagnant est désormais reconnue et elle se développe avec la généralisation des ensembliers. L'industrialisation de la construction passe par cette médiation organisationnelle.

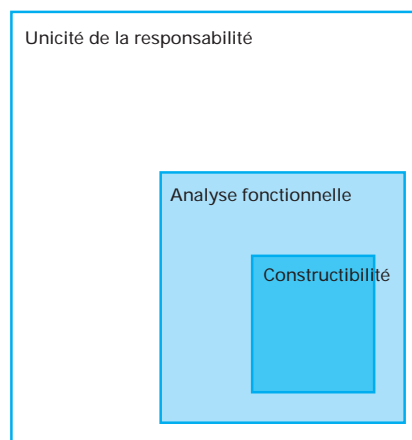
## 4. Conclusion

Les recommandations qui viennent d'être proposées au terme de ce parcours ne sont pas neutres. Elles nécessitent de fait un élément catalyseur pour enclencher une dynamique collective. La conjoncture actuelle paraît comporter des éléments positifs de ce point de vue.



(a) diagramme de Le Corbusier

Ce pictogramme, signé Le Corbusier, est certes symbolique mais il résume assez bien cette nécessaire logique d'un travail conjoint entre l'architecte et l'ingénieur. Son actualité est toujours de mise



Le réengineering de la construction s'entend sous trois registres :  
- le marché doit privilégier l'offre globale de services par des ensembliers ;  
- le dialogue entre intervenants doit se développer grâce à l'analyse fonctionnelle ;  
- la réalisation sur site doit être anticipée par la prise en compte de la constructibilité

Figure 21 – Notion de travail partagé

Manifestement, les économies de l'Europe de l'Ouest entrent dans une période de baisse des dépenses publiques. Les capacités d'investissements pour les équipements collectifs diminuent. Peu à peu se dégage une nouvelle attitude qui est celle du meilleur usage possible des ressources disponibles. Et dans cette perspective, les sommes consacrées au cadre de vie constituent un poste important qui peut faire l'objet d'un vrai enjeu.

Par ailleurs, l'efficacité de la filière construction commence à être examinée par certaines instances communautaires qui ont pris conscience qu'il s'agissait là d'un gisement de productivité important et ce à deux titres. Le coût de la construction peut être optimisé et dégager ainsi de nouvelles opportunités d'investissement mais une amélioration des performances du bâti peut aussi induire une plus grande productivité des activités qui s'y déroulent.

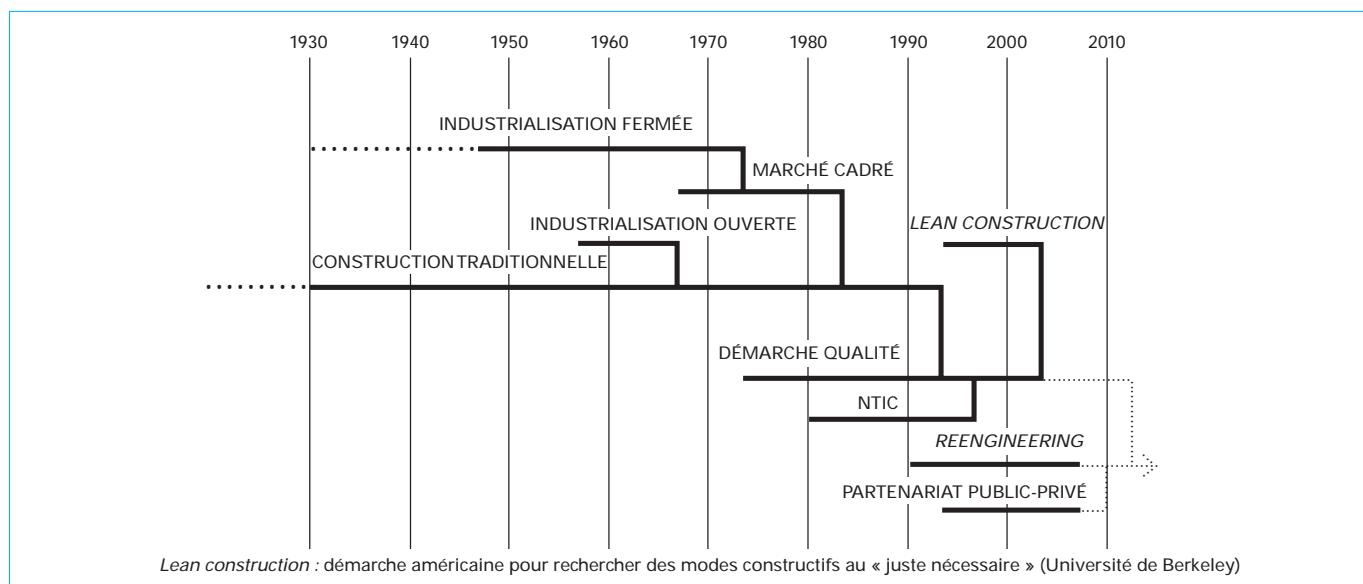


Figure 22 – Arbre technologique

Cette analyse rejoint d'autres approches développées par des organismes internationaux qui se préoccupent des **questions environnementales**. Les Nations Unies (PNUÉ) considèrent que la construction est le secteur le plus concerné pour sa contribution à l'effet de serre et l'emploi des ressources naturelles. La construction est définie comme « l'industrie des 40 % ». 40 % de prélèvement de matériau et d'énergie, 40 % de production des déchets, 40 % d'émission de CO<sub>2</sub>. La construction se trouve ainsi désignée comme essentielle pour la préservation de l'écosystème mondial.

La conjonction de ces éléments définit la trame d'une nouvelle demande de construction inscrite dans un développement durable. Encore faut-il y répondre par une offre appropriée.

Cette réponse passe par une véritable industrialisation de la filière construction selon les principes esquissés dans le troisième paragraphe. Ceux-ci ont pour finalité de concourir à trois exigences :

- il est indispensable de fournir un produit fini dont les performances globales sont maîtrisées et ce pour un coût d'objectif autorisant son accès au plus grand nombre ;
- l'activité collective développée pour atteindre ce résultat doit avoir des impacts minimisés sur l'environnement (à la fois écologique et humain) ;
- chacun des intervenants a une responsabilité qui dépasse le cadre strict de son intervention et l'oblige à travailler de concert avec ses partenaires pour optimiser les ressources mobilisées conjointement.

Un concept rend bien compte de ces attentes de la société civile ; c'est celui d'**intégration**. Le cadre de vie aura d'autant plus d'attractivité que les professionnels de la construction sauront se constituer en **groupements** tirant parti des synergies de compétences et garantissant de façon pérenne le fonctionnement d'un bâti conforme aux aspirations initiales des utilisateurs finaux. Et dans ces conditions, l'organisation de la filière sera très semblable à celle d'un véritable secteur industriel qui est responsable de son « produit ».

Mais ce passage ne s'opérera pas sans l'engagement volontaire et personnel de certains professionnels pour une pratique différente de leur métier. Cela devrait être d'autant plus facile que c'est la condition pour concilier à la fois enthousiasme pour l'innovation et respect du souhait collectif pour un cadre de vie de meilleure facture.

L'arbre technologique de la figure 22 retrace les évolutions observées au cours des dernières décennies quant aux techniques constructives et tout spécialement à partir des Trente Glorieuses (période d'après-guerre avec une croissance continue). La question discutée est celle des infléchissements qui pourraient être engagés en ce début du 21<sup>e</sup> siècle.

L'argumentation proposée milite pour une remise en cause indispensable des méthodes organisationnelles. Il y a tout lieu de penser que cette évolution en faveur d'un *reengineering* sera confortée par la nécessité de développer les outils du partenariat public-privé (PPP), compte tenu de la privatisation progressive des services publics.

## Références bibliographiques

Dans les Techniques de l'Ingénieur

- [1] GOBIN (C.). – *L'ingénierie concourante*. Un nouveau professionnalisme. C 3 050 Bâtiment et travaux neufs, mai 2001.
- [2] GOBIN (C.). – *Analyse fonctionnelle et construction*. C 3 052 Bâtiment et travaux neufs, nov. 2003.
- [3] GOBIN (C.). – *Le développement durable en BTP. Optimisation des ressources par la R&D*. C 3 056 Bâtiment et travaux neufs, fév. 2006.

- [4] GOBIN (C.), PERIN (J.-M.) et FRANCA (J.-P.). – *Conception et construction. Conditions d'une nécessaire concurrence*. C 3 054 Bâtiments et travaux neufs, août 2004.

Autres ouvrages

- [5] HABRAKEN (N.J.). – *Supports*. Paperback. 1999.
- [6] HAMBURGER (B.) et VENARD (J.-L.). – *Série industrielle et diversité architecturale*. Documentation Française, 1977.

- [7] GOBIN (C.). – *Gestion de projet et gestion du produit : l'approche fonctionnelle*. ESTP.
- [8] ISO 9000. – *Systèmes de management de la qualité. Principes essentiels et vocabulaire*. 2005.